

## 小児の神経発達から見た食の安全性

村田 勝敬 嶽石 美和子 岩田 豊人  
秋田大学医学部社会環境医学講座環境保健学分野

### 和文抄録

1995年前後より胎児性メチル水銀曝露による小児の神経発達影響に関する研究が多数報告され、これらに基づいて魚介類摂食に関する注意事項が日本を含む各国政府機関より提示されている。一方、魚介類摂食による利点も明らかにされ、人々はますます困惑するばかりである。本稿は、これまでの一連の研究成果とリスク管理の方法を概説し、ひとり一人が食の安全性の問題をどのように考えるべきかについて述べた。

### はじめに

昭和30年初夏に西日本一帯で発熱、色素沈着、貧血および肝腫を伴う流行病が乳児を中心に発生した。同年8月24日、当時噂のあった森永MF粉乳(MFは徳島工場で製造されたことを指す)に砒素が含まれている事実を岡山大学医学部小児科学教室浜本英次教授が突き止め、岡山県衛生部長の代理として森永MF粉乳による砒素中毒であることを発表した<sup>1)</sup>。同じ頃、熊本県の水俣湾付近に住む漁民達において、口唇周辺や四肢末端のしびれ感、箸を上手く使えないあるいはシャツのボタンを上手くかけられない(共同運動失調)、足がもつれて一寸した物にもすぐに躓いてしまう(歩行障害)、病状が進行すると言葉が甘えたような口にもった喋り方になり、難聴や中心性視野狭窄が現れ、さらに手足の不随意運動も現れ、犬の遠吠えのような唸り声を発しながら苦悶死するという、これまでに経験したことのない奇妙でしかも悲惨な症状をもつ患者が発生していた<sup>2)</sup>。この原因不明の疾患は、昭和31年5月1日に新日本窒素(水俣工場)附属病院長細川一博士によって熊本県衛生部予防課に報告され、後に“水俣病”と呼ばれているメチル水銀中毒であった。日本で発生したこれ

ら砒素中毒やメチル水銀中毒は、死者および患者数から見ると世界的に最大規模のものであるが、日本の食品安全管理体制の杜撰さを例証する恥辱的事件でしかなかった。当時の疫学研究は原因究明にのみ奔走し、十分なリスク評価を行っていなかったため、世界の教訓になり得なかったのである。すなわち、有害物質の同定作業に時間が費やされ、将来の予防的措置に繋がる研究成果を何一つ醸成しえなかった。

リスク評価は、通常のプロセスにおいて健康影響の観察(有害性の同定)、高濃度から低濃度への外挿(量-反応関係の評価)および曝露濃度と曝露人口の同定(曝露評価)を経て、有害物質のリスクを確定し、そのリスク評価を受けて、ヒトへの健康影響の深刻度と発生確率に照らして社会的規制を行う<sup>3)</sup>。これがリスク管理であり、代替案(代替物質)の提示あるいは摂食制限の勧告となる。また、経済的な費用効果や費用便益を考慮し、何もしないこともありうる。このようなリスク評価からリスク管理に橋渡しする過程で最も重要なのは「有害物質の臨界濃度の推定」(臨界濃度とは、ある物質が体内に蓄積し、細胞や臓器に有害な影響を現し始める濃度を示し、毒性学では閾値濃度とも呼ばれる)であるが、前述の砒素中毒もメチル水銀中毒も健康影響の観察および有害性物質の同定に終始し、高濃度から低濃度への外挿およ

受付 2005.12.5 受理 2005.12.12  
〒010-8543 秋田市本道1-1-1  
E-mail: winestem@med.akita-u.ac.jp

び曝露評価が全く実施されなかったので、一介の“事件”と見過ごされているのである。

近年、メチル水銀の曝露で胎児性水俣病患者が多数発生した経験と、有機水銀殺菌剤で汚染された小麦の種籾をパンにして食べたイラク農民の妊婦から生まれた子供達の疫学的研究から、メチル水銀に最も感受性が高くかつ脆弱な集団は胎児であろうと考えられている<sup>4)</sup>。「小児の神経発達から見た食の安全性」と題する本稿は、デンマーク自治領フェロー諸島および南インド洋にあるセイシェル共和国で実施された胎児性メチル水銀曝露による小児神経発達影響の研究の概要を簡単に述べるとともに、秋田および鳥取県の小学1年生を対象として実施したメチル水銀曝露影響に関する研究を概括し、食品の安全な摂取方法について考察する。

#### フェロー出生コホート研究

フェロー諸島は、メチル水銀やポリ塩化ビフェニル(PCB)を巡る話題に関心があれば、環境保健の世界で知らない者がいないくらい有名である。ノルウェーとアイルランドのほぼ真ん中に位置する北大西洋上の18群島からなるフェロー諸島では、1000年以上前に海洋哺乳類を狩猟する伝統をもった古代スカンジナビア人移住者が住み着き、長年にわたってゴンドウクジラを捕獲し、住民の蛋白源として食していた<sup>5)</sup>。このため、フェロー諸島の捕鯨は国際捕鯨委員会から認められている共同体レベルの非商業的捕鯨である。この地が研究対象となったのは、フェロー諸島の病院制度や社会保障制度が北欧社会と同じであり(研究集団の一般化が容易)、フェロー諸島とデンマーク本土とは物理的距離があり(飛行機で約2時間の距離であり、コホート集団の追跡が容易)、クジラを食べない人とともにクジラ摂食による高濃度メチル水銀曝露者が存在する(曝露レベルが広範囲)、島民が共通の言語(フェロー語とデンマーク語)を使用しているためである。

また、ゴンドウクジラに含まれる平均水銀濃度は3.3 μg/g(このうち約半分がメチル水銀)と高濃度であり、実際妊娠可能年齢の女性の血中水銀濃度(中央値12.1 μg/l)はデンマーク本土の女性(中央値1.6 μg/l)と比べ約8倍高かった。

1986~87年の21ヵ月間にフェロー諸島で出産し登録された母子1,023組(総出産数の75.1%)が研究対象となり、子供達が7歳と14歳になる1993~94年および2000~01年に神経発達検査が実施された<sup>6)</sup>。コホート登録時(すなわち、母親の子供出産時)に母親の毛髪および胎盤が採取され、妊娠経過、妊娠中の鯨および魚(主にタラ、含有平均水銀濃度は0.07 μg/g)の摂取量、飲酒・喫煙等の質問紙調査がなされた。臍帯血中水銀濃度は0.5~351(中央値24.2) μg/lであり、母親の出産時毛髪水銀濃度(約95%以上がメチル水銀)は0.2~39.1(中央値4.5) μg/gであった。これらの濃度は月当たりの鯨肉および週当たりの魚の摂食回数の増加に伴い高くなったので、フェロー諸島住民の高いメチル水銀濃度はクジラおよび魚摂食のためと考えられた。

7歳児の神経発達調査では、神経行動学的検査に含まれるフィンガータッピング検査、ポストン・ネーミング検査、カリフォルニア言語学習検査および反応時間検査の成績が臍帯血ないし出産時母親毛髪水銀濃度と有意な関連を持つことが示され、いずれもメチル水銀濃度が高くなるにつれ成績(記憶、注意、言語などの能力)が悪くなると推定された<sup>7)</sup>。また、聴性脳幹誘発電位、視覚誘発電位、心電図RR間隔変動、身体動揺検査も調べられたが、これらは7歳児の毛髪水銀濃度と有意な関連を示さず、出生時の水銀濃度が聴性脳幹誘発電位の頂点潜時および - 頂点間潜時と有意な正の関連を示した<sup>8)</sup>。さらに、小児神経内科医によって測定された7歳児の血圧は収縮期血圧が100±8 mmHgであり、拡張期血圧が65±9 mmHgであったが、臍帯血中水銀濃度1~10 μg/l(出産時母親の毛髪

水銀濃度 0.2~2  $\mu\text{g/g}$ ) の子供で水銀曝露の増加に伴い血圧が上昇することが示された<sup>9)</sup>。但し、臍帯血中水銀濃度が 10  $\mu\text{g/l}$  を超えると、この血圧における量 - 影響関係は見られなくなった。なお、フェロー諸島ではクジラの脂身も摂食するため、PCB 曝露も問題となる。このため、臍帯組織中の PCB 濃度を測定して多変量解析で検討したが、神経心理・行動学的検査の成績は PCB 濃度と有意な関係を持たず、水銀濃度とのみ有意な関連を示した<sup>10)</sup>。

14 歳児調査の神経心理・行動学的検査では、持続反応時間(動物影絵版)の成績のみが報告されている<sup>11)</sup>。この検査は7歳児で臍帯血中水銀濃度と有意な関連が示されたのであるが、14 歳児でも同様であり(相関係数  $r=0.09$ 、 $p=0.01$ )、曝露影響は弱いものの 14 年経ても水銀曝露影響が残っていることを示唆している。また、14 歳児でも測定された聴性脳幹誘発電位のおよび頂点潜時と - 頂点間潜時は臍帯血中水銀濃度(および出産時母親毛髪水銀濃度)の増加に伴って延長した<sup>12)</sup>。これに対し、- 頂点間潜時は 14 歳児の毛髪水銀濃度と有意な正の関係があり、後天性(postnatal)曝露の影響が示唆された。さらに、自律神経機能検査として心電図 RR 間隔変動が調べられ、臍帯血中水銀濃度の増加に伴い交感神経および副交感神経活動レベルが低下することが報告された<sup>13)</sup>。但し、自律神経活動レベルは7歳あるいは14 歳児の毛髪水銀濃度との間に有意な関係を持たなかった。

このフェロー出生コホート研究では、胎児性メチル水銀曝露により小児の神経発達に影響し始める濃度(critical concentration)を推定する方法としてベンチマークドーズ法(benchmark dose calculation)を使い、7歳児の運動速度、注意、視覚空間、言語記憶検査の影響指標から毛髪水銀濃度で 9.4~14  $\mu\text{g/g}$  と推定した<sup>14)</sup>。また、聴性脳幹誘発電位潜時から算出される臨界濃度は 7.5~10.5  $\mu\text{g/g}$  であった<sup>15)</sup>。

## セイシェル小児発達研究

1970 年代のイラクのメチル水銀禍のヒトの健康影響を調査していた米国ニューヨーク州ロチェスター大学の研究グループは、胎児期のメチル水銀曝露が低濃度でも影響が起こりうることから、魚多食民族であるセイシェル共和国を研究対象として選んだ。セイシェルが選択された理由は南インド洋に浮かぶ島国で人口移動が少ないことと教育水準が高いなどであるが、公用語は英語、仏語、クレオール語の3言語であり、アフリカ系、フランス系、インド系など人種的背景も複雑である<sup>16)</sup>。セイシェルで食される 25 種類の魚の総水銀濃度は 0.004~0.75  $\mu\text{g/g}$  であった。

1989~90 年の1年間に首都ビクトリアのあるマヘ島で生まれた 779 名の母子が登録され、5.5 歳(66 ヶ月)児および9歳児調査が行われた。曝露指標は妊娠中の毛髪水銀濃度と 5.5 歳児の毛髪水銀濃度であり、前者は平均 6.8(範囲 0.5~26.7)  $\mu\text{g/g}$  であった。影響指標として、認知能力、言語の表現と理解能力、読書力と計算能力、視覚空間能力などの6つの検査が行われたが、いずれの検査成績も水銀曝露による影響を認めず、むしろ4つの検査では出生前あるいは出生後の水銀曝露が高い群で良い成績が得られた<sup>17)</sup>。また、1997~98 年に9歳児調査が行われ、神経心理および行動学的検査の 21 影響指標が測定された<sup>18)</sup>。このうち、母親毛髪水銀濃度と有意な関連が溝付きペグボード検査などの2検査で見られたが、この著者等は偶然(chance)の結果であると判断した。

セイシェル小児発達研究では、上述のように、有意な量 - 反応関係は認められなかった。このため、米国有害物質・疾病登録局(ATSDR)はセイシエルの曝露レンジの最も高い群の平均値(15.3  $\mu\text{g/g}$ )を無毒性量(no observed adverse effect level、最も高い実験的曝露量)とした<sup>19)</sup>。また、ベンチマークドーズ法で毛髪水銀の臨界濃度として 19~30(平均 25)  $\mu\text{g/g}$  であったと Crump らが報告したが<sup>20)</sup>、これは確率

論の有意性原理を無視する立場と考えられている<sup>6)</sup>。

### 日本におけるメチル水銀の曝露評価

国立水俣病総合研究センターの安武らは水俣市、熊本市、鳥取県、和歌山県、千葉県に住む一般集団 3,686 名を対象として毛髪水銀濃度を調査した<sup>21)</sup>。これら 5 地域の男性の幾何平均毛髪水銀濃度は 2.55 (パーマをかけていない男性のみ、2.64)  $\mu\text{g/g}$ 、女性は 1.43 (パーマをかけていない女性のみ、1.64)  $\mu\text{g/g}$  であった。男性は 50 ~ 69 歳まで加齢に伴って毛髪水銀濃度が高くなる傾向を示したが、女性では加齢による影響は男性ほど著明でなかった。地域別には千葉が高く (男性 4.79  $\mu\text{g/g}$ 、女性 2.30  $\mu\text{g/g}$ )、水俣市 (男性 2.39  $\mu\text{g/g}$ 、女性 1.23  $\mu\text{g/g}$ ) および熊本市 (男性 2.23  $\mu\text{g/g}$ 、女性 1.33  $\mu\text{g/g}$ ) が低かった。

我々は、秋田県内に住む 7 歳児の母親 154 名の魚介類摂食状況を食品摂取頻度調査法で 2002 年に調べ、実物大の写真の魚介類 (25 種類) に含まれる水銀濃度を乗じ、1 年間の推定水銀摂取量を算出した<sup>22)</sup>。1 日当たりに換算した推定水銀摂取量は 2.65 ~ 48.4 (幾何平均 15.3)  $\mu\text{g/日}$  であり、これは 1980 年代半ばにフェロー諸島の女性が摂取している 36  $\mu\text{g/日}$  よりも相当低い値であった。また、毛髪水銀濃度は 0.49 ~ 5.82 (幾何平均 1.73)  $\mu\text{g/g}$  であった。推定水銀摂取量が多い母親ほど毛髪水銀濃度が高くなる関係 (順位相関係数  $r_s=0.335$ 、 $p<0.001$ ) も認められ、毛髪水銀の多くは魚介類摂取によると考えられた。一方、居住地が市部と郡部あるいは漁港の有無別に母親を分けて水銀摂取量や毛髪水銀濃度を比較したが、有意な違いは見られなかった。7 歳児の毛髪水銀濃度は 0.45 ~ 6.32 (幾何平均 1.64)  $\mu\text{g/g}$  であり、子供の毛髪水銀濃度はフェローの 7 歳児 (幾何平均 0.60  $\mu\text{g/g}$ ) より高かった。これより、日本の子供達は母親と同量の魚介類 (但し、体重当たり) を摂取し、一方のフェロー諸島では成人以後クジラや魚を多量に食べていると

考えられた。

次に、秋田および鳥取県内に住む 7 歳児の母親 327 名 (年齢 24 ~ 49 歳) で上と同様の調査を行うと、推定水銀摂取量は 0.77 ~ 144.9 (中央値 15.0)  $\mu\text{g/日}$  であり、また毛髪水銀濃度は 0.11 ~ 6.86 (中央値 1.63)  $\mu\text{g/g}$  であった<sup>23)</sup>。毛髪水銀濃度と推定水銀摂取量の間には有意な正の関連 ( $r_s=0.245$ 、 $p<0.001$ ) が認められた。毛髪水銀濃度はパーマ処理の影響を受けることが以前より指摘されているので<sup>21)</sup>、推定水銀摂取量や毛染めの有無を調整してパーマ処理の影響を検討すると、パーマをかけている母親の平均水銀濃度は 1.81  $\mu\text{g/g}$ 、パーマ処理のない母親の平均は 1.29  $\mu\text{g/g}$  であり、パーマ処理で毛髪中の水銀量が約 30% 低くなる可能性が示された。これに対して、毛染めは毛髪水銀濃度に影響を及ぼさなかった ( $p=0.21$ )。

### 日本におけるメチル水銀曝露の神経発達影響

フェロー出生コホート研究やセイシェル小児発達研究の成果が続々と報告されている中で、日本でもコホート研究が立ち上げられている。フェロー諸島およびセイシエルの研究では結論が全く異なっており<sup>6)</sup>、どちらが正しいのか明らかにされる必要がある。東北大学が行っている東北小児発達研究では、出産時の臍帯、胎盤、母親の毛髪などを収集し、水銀濃度、PCB 濃度、ダイオキシン濃度などの測定が計画されており、また曝露影響としてブラゼルトン新生児行動評価などが実施されている<sup>24)</sup>。その上、このコホートを 6 ~ 7 歳まで追跡し、日本人のメチル水銀曝露による神経発達影響を評価する予定である。また、北海道大学でも出生コホート研究を行っている。

我々は、上記のコホート研究とは別に秋田・鳥取で横断研究を行い、小児の神経発達影響を検討した。魚介類の食事摂食量が出産後大きく変わらなかった母親の毛髪水銀濃度を出生時毛髪水銀濃度と仮定して、7 歳児 210 名の神経発達との関係を検討し

たが、水銀曝露量は聴性脳幹誘発電位、心拍変動係数、身体重心動揺、反応時間、協調運動、手のふるえなどのいずれとも有意な関連を示さなかった<sup>25)</sup>。ポルトガル・マデイラ諸島で深海魚エスパーダを食べて高い毛髪水銀濃度を示している母親から生まれた7歳児の神経発達に関する横断的研究が実施されている<sup>26)</sup>。これは秋田・鳥取で行った研究デザインと全く同じであることから、両者の対象を合わせて再検討すると、マデイラの母親の毛髪水銀濃度 1.12 ~ 54.4 (中央値 10.9)  $\mu\text{g/g}$  は我々の対象集団と比べかなり高く、同じマデイラの7歳児の聴性脳幹誘発電位の および 頂点潜時と 頂点間潜時は日本の7歳児より有意に延長していた<sup>25)</sup>。また、この日本とマデイラの7歳児の聴性脳幹誘発電位潜時と母親の毛髪水銀濃度のデータから、臨界濃度 6.90 ~ 10.49 (平均 8.65)  $\mu\text{g/g}$  を算出した。

母親の毛髪水銀濃度はパーマ処理の有無で 30%位変動する<sup>23)</sup>。このため、我々は母親から「臍の緒」を収集し、臍帯組織中のメチル水銀濃度を測定し、心臓性自律神経機能に及ぼす影響を後ろ向きコホート研究で検討した<sup>27)</sup>。臍の緒の提供者は 145名であったが、神経学的障害、先天奇形、出生時低体重 (2500g未満) であった者を除く 136名の臍帯組織中メチル水銀濃度は 0.017 ~ 0.367 (中央値 0.089)  $\mu\text{g/g}$  であり、このメチル水銀濃度は7歳児の副交感神経活動レベルおよび交感神経優位状態を示す指標と有意な関連を認めた。これに対し、7歳児の毛髪水銀濃度は有意な関連を示さなかった。同時に解析された反応時間および心電図 QTc 時間にはメチル水銀による影響は認められなかった。なお、赤木らの研究によると毛髪水銀濃度 (母親の出産時) は  $25.24 \times [\text{臍帯組織メチル水銀濃度}]$  で推定されるので<sup>28)</sup>、今回の7歳児の出生時の母親毛髪水銀濃度は 0.43 ~ 9.26 (中央値 2.24)  $\mu\text{g/g}$  と考えられた。

### 妊婦から胎児へのメチル水銀の移行

胎児は母親から胎盤を介して成長に必要な栄養分や酸素を取り込み、また乳児は母乳を介して栄養等を取り込む。厄介なことに、メチル水銀を筆頭とする有害物質の中には胎盤や母乳を介して胎児や乳児に移行するものもある。国立水俣病総合研究センターの坂本らは褥婦 58名から母体血と胎盤血を採取し、赤血球中の水銀濃度を測定した<sup>29)</sup>。出産直後の母親の平均赤血球中水銀濃度は 8.4 ng/g、臍帯血のそれは 13.3 ng/g であり、胎児の方で有意に高かった。次に、乳児が生後3ヶ月になった時に母乳と乳児血を 16組から採取して測定すると、臍帯血の平均赤血球中水銀濃度は 12.0 ng/g、乳児のそれは 6.5 ng/g、母乳中のメチル水銀濃度は 0.21 ng/g であり、乳児のメチル水銀濃度は3ヶ月間に約半分まで減少した ( $p < 0.01$ )。これより、体内に取り込まれたメチル水銀は妊婦から胎児に選択的に移行するが、乳児の発育に伴い乳児の体内のメチル水銀濃度は急激に減少することを明らかにした。

ドコサヘキサエン酸 (DHA) は魚介類に含まれる高度不飽和脂肪酸であり、ヒトの脳の発達に重要であると考えられている。坂本らは褥婦およびその臍帯から血液を 63組収集し、赤血球中水銀濃度と DHA を測定した<sup>30)</sup>。臍帯血中 DHA 濃度と母親血中 DHA 濃度の間には有意な関係が見られ ( $r = 0.37$ ,  $p < 0.01$ )、かつ臍帯血において DHA 濃度と水銀濃度は有意な正の関係を示した ( $r = 0.35$ ,  $p < 0.01$ )。メチル水銀も DHA も魚介類摂取を通してヒト体内に入り、いずれも母体から胎児へ移行する。したがって、妊婦は魚を食べるのを止める必要はなく、メチル水銀含有量の少ない魚をバランス良く食べることを推奨した。

### 食事制限に関する動向

米国環境保護庁 (EPA) は、メチル水銀に感受性の高い特定集団 (特に、妊娠中に曝露を受けた胎児) の健康を脅かす有害影響を防止するために、メチル水銀の基準摂

取量（毎日摂取しても人体に影響を及ぼさないとされる量、*RfD*）を米国ロチェスター大学の Marsh らのイラク研究に基づいて  $0.1 \mu\text{g}/\text{kg}$  体重/日と 1995 年に定めた<sup>3)</sup>。その後、2000 年 7 月 11 日付けの米国科学アカデミー諮問委員会の勧告に従い、上述のフェロー出生コホート研究の成績から 2001 年に再計算した（*RfD* は同じ値となった）。また、2003 年 6 月に開催された第 61 回 FAO/WHO 合同食品添加物専門委員会（JECFA）は、メチル水銀の暫定的耐容週間摂取量（PTWI）として 1972 年に定めた  $3.3 \mu\text{g}/\text{kg}$  体重/週を、 $1.6 \mu\text{g}/\text{kg}$  体重/週に変更した。しかしながら、上述の秋田および鳥取の研究で推定された母親の平均メチル水銀摂取量は  $0.21 \sim 0.25 \mu\text{g}/\text{kg}$  体重/日であり<sup>22,23)</sup>、EPA が推奨している *RfD* の  $0.1 \mu\text{g}/\text{kg}$  体重/日を超える母親が 90% 以上、また JECFA の PTWI を超える母親が約 6 割になると推定された。

世界の各国政府は、EPA の勧告に倣って、メチル水銀の胎児への健康影響を避けるために食事制限を出している。フェロー諸島では、フェロー出生コホート研究の結果を踏まえ、1998 年に以下のような勧告を出している。鯨肉はフェロー諸島住民の水銀曝露源であることから、1 月 2 回を超えて摂食しない、3 ヶ月以内に妊娠を予定している女性や現在妊娠中あるいは授乳中の女性は鯨肉を食べない、またクジラの脂身には高濃度の PCB が含まれるので、

成人でも脂身の摂食は月に最大 2 回までに抑える、潜在的な PCB の有害影響に胎児が晒されないために、女性は出産を終えるまでクジラの脂身を食べない。

日本でも、厚生労働省は薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会乳肉水産食品・毒性合同部会の検討結果を踏まえて、「水銀を含有する魚介類等の摂食に関する注意事項」を平成 15 年 6 月 3 日に発表した。この中で、1 回  $60 \sim 80 \text{g}$  として、バンドウイルカについては 2 ヶ月に 1 回、ツチクジラ、コビレゴンドウ、マッコウクジラおよびサメについては週 1 回以下、またメカジ

キ、キンメダイについては週 2 回以下にすることが望ましいと述べた<sup>31)</sup>。この食事制限については、水産業者に風評被害が出るなどリスクコミュニケーションの不味さが指摘され、また第 61 回 JECFA において発育途上の胎児を十分に保護するため水銀の再評価が実施された（上述の PTWI の変更）ことなどを踏まえ、厚生労働省は平成 16 年 7 月 23 日に内閣府食品安全委員会にメチル水銀のリスク評価を依頼した。そして平成 17 年 8 月 4 日に食品健康影響評価結果として「魚介類等に含まれるメチル水銀に係わる摂食に関してハイリスクグループを胎児、また耐容週間摂取量としてメチル水銀  $2.0 \mu\text{g}/\text{kg}$  体重/週（Hg として）とする」旨の返事が厚生労働大臣宛に届けられた。現在、厚生労働省のホームページ上で平成 17 年 11 月 2 日付の薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会乳肉水産食品部会の注意事項が公表されており、以前含まれていなかったクロマグロ、マカジキ、ミナミマグロ、キダイなども妊婦の注意すべき魚介類として挙げられている<sup>31)</sup>。

### おわりに

メチル水銀も砒素も有害物質であることを疑う者はいない。しかし、緊急度の高い有害因子（SARS や鳥インフルエンザなど）の事例においては火急的にリスク管理を必要とするが、緊急度の低い有害物質（例えば、メチル水銀、砒素、鉛等の低濃度曝露）では曝露濃度と曝露人口の同定（曝露評価）とともに量 - 反応評価を厳密に行い、その上でリスクコミュニケーションとリスク管理を実施すべきであろう<sup>3)</sup>。ゼロリスクを指向するヨーロッパで、鉛ハンダが 2007 年より全廃されようとしている。鉛は主に工業界で使用され、そこで発生する蒸気が経気道的にヒトの生体曝露に繋がる。したがって、鉛の神経毒性を予防する意味では非常に好ましい動向かもしれない。しかし、無鉛ハンダの使用はハンダの融点が高くなることを意味し、以前より電力消費量を高めるだろう。その上、代替

物質の使用は新たな健康障害の原因となるかもしれない。このように考えると、ゼロリスクばかりに囚われないで、これまでに蓄積した知識・情報・技術を有効に活用する方策（リスク管理）を立てることの方が時代のニーズに合致しているように思える。すなわち、有害物質の臨界濃度を決定できるならば、その濃度以下の曝露に抑えることにより実質的なリスクは回避できるであろう。

食の安全性は「食事の注意事項」を遵守すれば有害物質から保護されるというものではない点も再認識する必要がある。例えば、クジラ、サメ、マグロなどを妊娠中に食べないようにしても、厚生労働省の注意事項に含まれないカツオ（水銀含有量 0.167 µg/g）のみ日々多食する習慣があれば毛髪水銀濃度は高値になりうるのである。また、森永 MF 粉乳中毒事件で砒素が原因物質と確定した後にも、「粉乳の中に砒素が混じっていて多数の乳幼児が中毒を起こしているということ、果たしてそのようなことが一体ありうるかどうか？」と前述の浜本教授が疑っていたことにみられるように<sup>32)</sup>、乳児の食品は絶対に安全だと決め込んでいる医師が少なからずいたことも銘記しておくべきである。かかる意味で、国立水俣病総合研究センターの坂本博士が述べているように、「多種類の食品を、偏ることなく日々品を替え、少量ずつ、バランス良く摂取する」ことが環境からの有害リスクを軽減する最善の方法と言えるかもしれない。

## 文 献

- (1) 浜本英次（編）. 岡山県における粉乳砒素中毒発生記録. 岡山県衛生部, 岡山, 1957.
- (2) 土井陸雄. 水俣病. 佐藤 洋（編）, Toxicology Today - 中毒学から生体防御の科学へ. 93-108 頁, 金芳堂, 京都, 1994.
- (3) 村田勝敬. メチル水銀のリスク評価. 安全医学 2: 38-42, 2005.
- (4) National Research Council.

Toxicological Effects of Methylmercury. National Academy Press, Washington, DC, 2000.

- (5) 村田勝敬, 嶽石美和子, 岩田豊人. フェロー諸島における出生コホート研究. 環境科学会誌 17: 169-180, 2004.
- (6) 村田勝敬, 嶽石美和子. 胎児性メチル水銀曝露の小児発達影響と臨界濃度 - セイシェルおよびフェロー諸島の研究を中心に -. 日衛誌 60: 4-14, 2005.
- (7) Grandjean P, Weihe P, White RF, et al. Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methyl mercury. Neurotoxicol Teratol 19: 417-428, 1997.
- (8) Murata K, Weihe P, Araki S, et al. Evoked potentials in Faroese children prenatally exposed to methyl mercury. Neurotoxicol Teratol 21: 471-472, 1999.
- (9) Sørensen N, Murata K, Budtz-Jørgensen E, et al. Prenatal methyl mercury exposure as a cardiovascular risk factor at seven years of age. Epidemiology 10: 370-375, 1999.
- (10) Grandjean P, Weihe P, Burse VW, et al. Neurobehavioral deficits associated with PCB in 7-year-old children prenatally exposed to seafood neurotoxicants. Neurotoxicol Teratol 23: 305-317, 2001.
- (11) Grandjean P, White RF, Debes F, et al. NES2 continuous performance test results obtained by methyl mercury-exposed children at ages 7 and 14 years. Abstract Book of 8th International Symposium: Neurobehavioral Methods and Effects in Occupational and Environmental Health. p.136. Institute of Occupational Health and Industrial Hygiene, University of Brescia, Brescia, 2002 (June 23-26).

- (12) Murata K, Weihe P, Budtz-Jørgensen E, et al. Delayed brainstem auditory evoked potential latencies in 14-year-old children exposed to methyl mercury. *J Pediatr* 144: 177-183, 2004.
- (13) Grandjean P, Murata K, Budtz-Jørgensen E, et al. Cardiac autonomic activity in methyl mercury neurotoxicity: 14-year follow-up of a Faroese birth cohort. *J Pediatr* 144: 169-176, 2004.
- (14) Budtz-Jørgensen E, Grandjean P, Keiding N, et al. Benchmark dose calculations of methyl mercury-associated neurobehavioural deficits. *Toxicol Lett* 112-113: 193-199, 2000.
- (15) Murata K, Budtz-Jørgensen E, Grandjean P. Benchmark dose calculations for methyl mercury-associated delays on evoked potential latencies in two cohorts of children. *Risk Anal* 22: 465-474, 2002.
- (16) 岡 知子, 仲井邦彦, 亀尾聡美, 他. セイシェル共和国における水銀と健康の問題. *環境科学会誌* 17: 163-168, 2004.
- (17) Davidson PW, Myers GJ, Cox C, et al. Effects of prenatal and postnatal methyl mercury exposure from fish consumption on neurodevelopment: outcomes at 66 months of age in the Seychelles child development study. *JAMA* 280: 701-707, 1998.
- (18) Myers GJ, Davidson PW, Cox C, et al. Prenatal methyl mercury exposure from ocean fish consumption in the Seychelles child development study. *Lancet* 361: 1686-1692, 2003.
- (19) Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Mercury. US Department of Health and Human Services, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp46.pdf>, 1999
- (20) Crump KS, van Laningham C, Shamlaye C, et al. Benchmark concentrations for methylmercury obtained from the Seychelles child development study. *Environ Health Perspect* 108: 257-263, 2000.
- (21) Yasutake A, Matsumoto M, Yamaguchi M, et al. Current hair mercury levels in Japanese: survey in five districts. *Tohoku J Exp Med* 199: 161-169, 2003.
- (22) Iwasaki Y, Sakamoto M, Nakai K, et al. Estimation of daily mercury intake from seafood in Japanese women: Akita cross-sectional study. *Tohoku J Exp Med* 200: 67-73, 2003.
- (23) Dakeishi M, Nakai K, Sakamoto M, et al. Effects of hair treatment on hair mercury – the best biomarker of methyl mercury exposure. *Environ Health Prev Med* 10: 208-212, 2005.
- (24) Nakai K, Suzuki K, Oka T, et al. The Tohoku study of child development: a cohort study of effects of perinatal exposures to methyl mercury and environmentally persistent organic pollutants on neurobehavioral development in Japanese children. *Tohoku J Exp Med* 202: 227-237, 2004.
- (25) Murata K, Sakamoto M, Nakai K, et al. Effects of methyl mercury on neurodevelopment in Japanese children in relation to the Madeiran study. *Int Arch Occup Environ health* 77: 571-579, 2004.
- (26) Murata K, Wiehe P, Renzoni A, et al. Delayed evoked potentials in children exposed to methyl mercury from seafood. *Neurotoxicol Teratol* 21: 343-348, 1999.
- (27) Murata K, Sakamoto M, Nakai K, et

- al. Subclinical effects of prenatal methyl mercury exposure on cardiac autonomic function in Japanese children. *Int Arch Occup Environ Health* 79: (in press).
- (28) Akagi H, Grandjean P, Takizawa Y, et al. Methyl mercury dose estimation from umbilical cord concentrations in patients with Minamata disease. *Environ Res* 77: 98-103, 1998.
- (29) Sakamoto M, Kubota M, Matsumoto S, et al. Declining risk of methyl mercury exposure to infants during lactation. *Environ Res* 90: 185-189, 2002.
- (30) Sakamoto M, Kubota M, Liu XJ, et al. Maternal and fetal mercury and n-3 polyunsaturated fatty acids as a risk and benefit of fish consumption to fetus. *Environ Sci Technol* 38: 3860-3863, 2004.
- (31) 厚生労働省医薬局食品保健部. 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会乳肉水産食品・毒性合同部会の検討結果概要等について. 2005.  
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/suigin/index.html>
- (32) 山下節義, 土井 真, 西尾雅七, 他. 京都における森永ヒ素ミルク中毒被災児の現状. *日衛誌* 27: 364-399, 1972.